

高エネルギー電子線のエネルギースペクトル（被射体入射時）推定計算ソフト

Electron-Spectrum-2

操作マニュアル

加藤秀起 2018

Electron-Spectrum-2 は、放射線治療で用いられる高エネルギー電子線のエネルギースペクトルを数学のベータ分布をモデルとして推定するソフトウェアです。推定スペクトルを基にモンテカルロ法を用いて水中の深部線量百分率を計算し、実測 PDD と最もよく一致するスペクトルを逐次近似します。

（本ソフトでは、被射体に入射する時点での電子線エネルギースペクトルを推定します）

前準備

リニアック等で実測した PDD データファイルを Electron-Spectrum-2 のフォルダにコピーして下さい。

実測 PDD データのフォーマット（エクセルの csv 形式；カンマ区切りのテキスト）

1 行目は照射条件、測定結果などの情報

2 行目以降は、1 列目：深さ(mm) ， 2 列目：PDD(%)

9MeV 25*25 dmax:22.00mm Rp:44.40mm R50:36.48mm R90:28.57mm Ep,0:9.06MeV E0(mean):8.50MeV↓
0.0, 83.38↓
1.0, 83.22↓
2.0, 83.62↓
3.0, 84.28↓
4.0, 85.24↓
5.0, 86.24↓
6.0, 87.04↓
7.0, 88.08↓
8.0, 88.71↓
9.0, 89.63↓
10.0, 90.49↓
11.0, 91.37↓
12.0, 92.19↓
13.0, 93.41↓
14.0, 94.41↓
15.0, 95.37↓
16.0, 96.30↓
17.0, 97.45↓

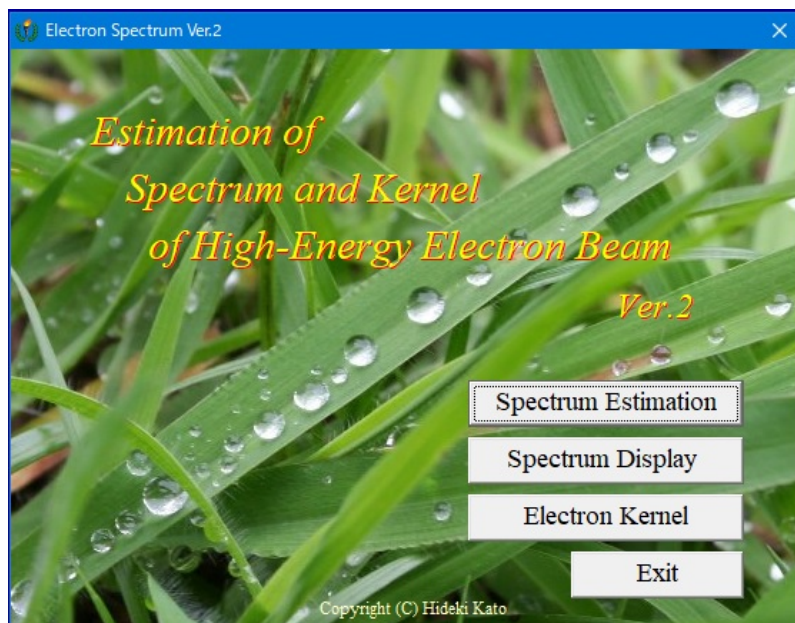
フォーマット

ファイルの拡張子は csv として下さい。

フォーマットが異なると、データを読み込むことができません。

Electron-Spectrum-2 を立ち上げると、下図に示すメニュー画面が表示される。

Fig.1



1. Spectrum Estimation : 電子線スペクトルの推定
2. Spectrum Display : 最終的に推定された電子線スペクトルの表示
3. Electron Kernel : 推定された電子線スペクトルに対応するカーネルを計算・表示

1. **Spectrum Estimation** をクリックすると、次の2つの画面が表示される。

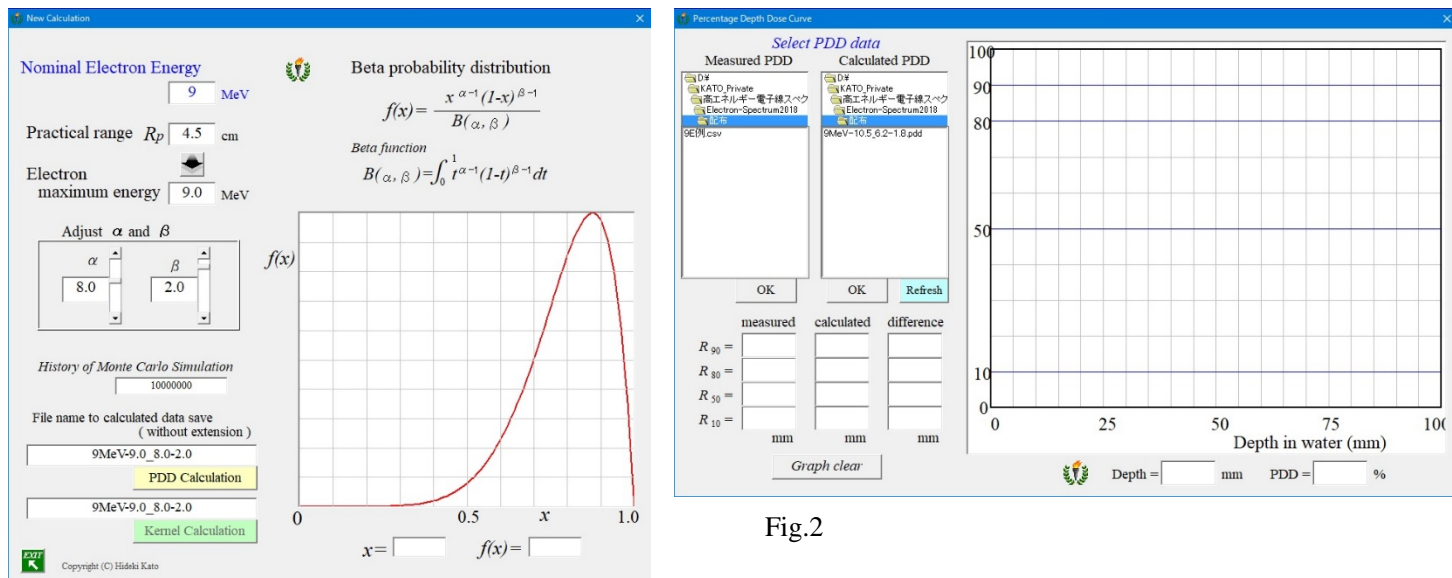



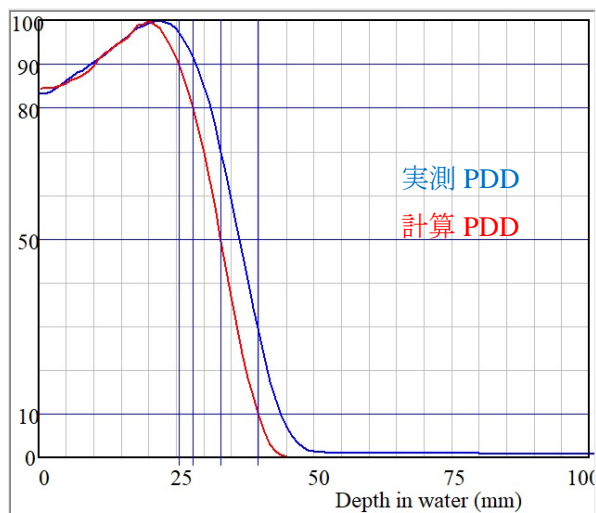
Fig.2

左がスペクトルを推定し、そのスペクトルに従って PDD を計算する画面、右が実測 PDD および左画面で計算された PDD を表示・比較する画面である。

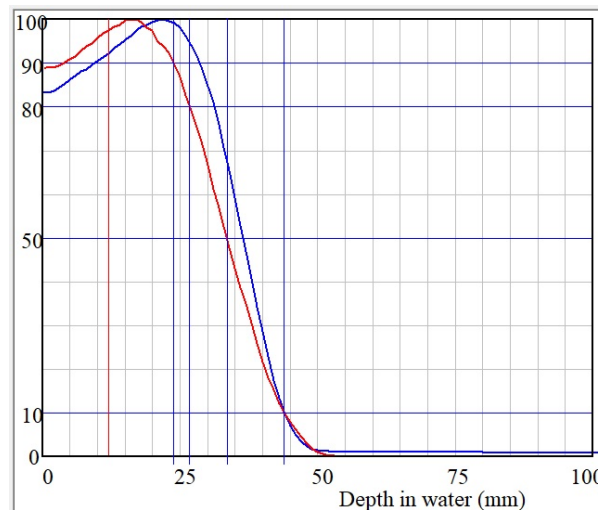
手順

- ・ 右画面で実測 PDD を表示し、実用飛程 R_p を調べる。
- ・ 左画面で、公称エネルギー、 R_p を入力し  ボタンをクリックすると、電子の水中における csda 飛程のデータを基にして最大エネルギーが計算され表示される（最大エネルギーは任意書き換え可）。

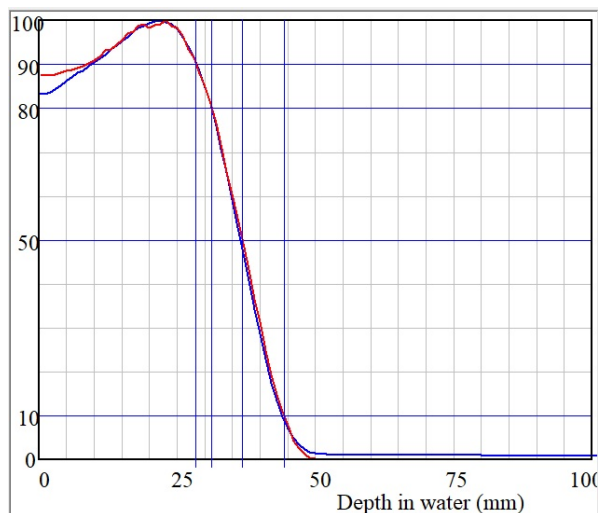
- ベータ分布の α 、 β を設定する（最初は適当な値）。
 α 、 β を変化させると対応するベータ分布がリアルタイムで表示され、これがそのまま電子線エネルギーースペクトル形状となる（グラフ横軸の 1.0 が最大エネルギーに相当する）。
- モンテカルロ計算の入射電子数（ヒストリー数）を入力する。
 ヒストリー数を大きくすると統計的バラツキは小さくなるが、計算時間が長くなるので注意が必要。
- 計算結果を保存するファイル名を入力する。
 公称エネルギー、最大エネルギー、 α 、 β を設定すると、それらを反映したファイル名が自動的に決められるが、独自の名称に変更することもできる。
- **PDD Calculation** ボタンを押すとコマンドプロンプト画面が表示され、モンテカルロ計算が開始される。計算が終了するまでしばらく待機する。
- モンテカルロ計算が終了後、Fig.2 の右画面の **Refresh** を押すと、新しく PDD 計算結果を保存したファイル名がファイルリストに表示される。実測 PDD と比較する。
- 実測 PDD と計算 PDD を比較して R_{90} 、 R_{80} 、 R_{50} 、 R_{10} に大きな差異がある場合、Fig.2 左画面で最大エネルギー、 α 、 β を調整し、新しい設定で再度モンテカルロ計算を行う。この操作を何回も繰り返し、実測 PDD と計算 PDD がほぼ一致する電子線スペクトルを探し出す。
 最大エネルギー、 α 、 β の再設定の目安は以下を参考とされたい。



最大エネルギーを大きくする。



低エネルギー成分が少なくなるよう
 α 、 β を再設定する。



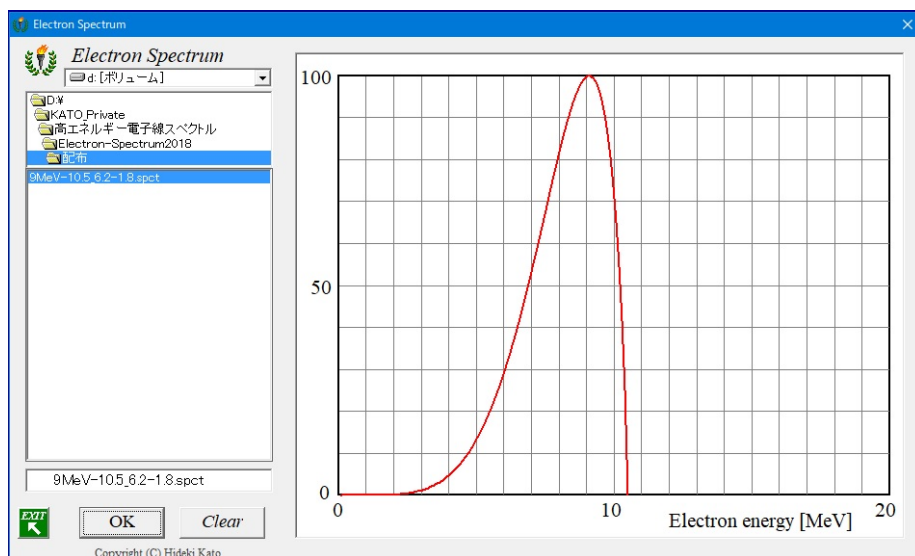
R_{90} 、 R_{80} 、 R_{50} 、 R_{10} がほぼ一致した PDD

(計算 PDD には制動 X 線は含まれていない)

Fig.3

2. メニュー画面 (Fig.1) で **Spectrum Display** を押すと下図に示す画面が表示され、PDD が実測値とほぼ一致する電子線スペクトルを見ることができる。スペクトルデータファイルの拡張子は **spct** となっているが、拡張子を **csv** に変更することにより **Microsoft Excel** でファイルを開くこともできる。

Fig.4



3. メニュー画面 (Fig.1) で **Electron Kernel** を押すと下左図に示す画面が表示される。

計算済みのカーネルデータファイルを選択すると、下右図に示すように **Z**(体軸方向)-**R**(側方向)面におけるカーネルの分布を見ることができる。なおここで示すカーネル **D(R,Z)** は単位エネルギーを持つ電子線束がペンシルビームで水に入射した時、入射面から **Z**、線束中心から側方 **R** の点における吸収線量に $2\pi R$ を乗じたものである。

ファイル (拡張子 **elk**) はテキストエディタでも開くことができる。

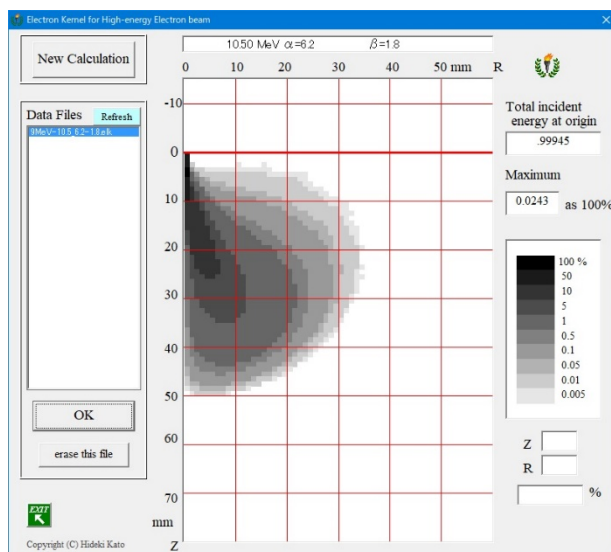
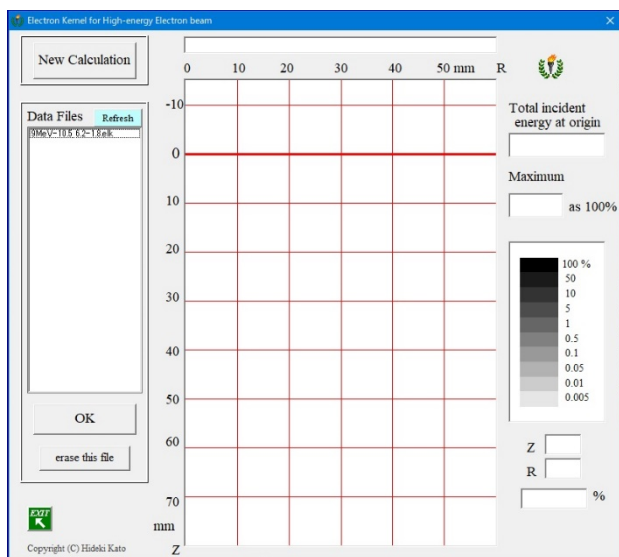
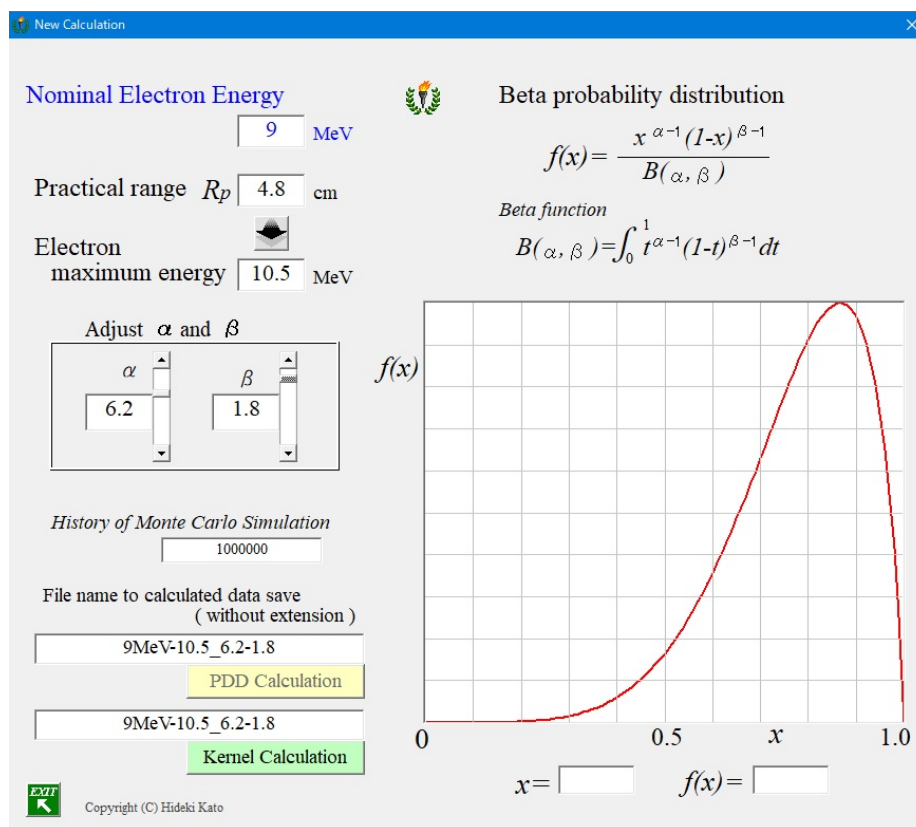


Fig.5

新規に電子線カーネルを計算する場合、Fig.5 に示す画面の左上の **New Calculation** ボタンを押し、下図に示す画面 (Fig.2 左とほぼ同じ) を表示させる。公称エネルギー、最終的に決定した最大エネルギー、 α 、 β を設定し **Kernel Calculation** ボタンを押すとモンテカルロシミュレーションによるカーネル計算がスタートする。計算が終了後 Fig.5 に示した画面の **Refresh** ボタンを押すと、計算されたカーネルデータファイルがファイルリストに表示される。



文献

加藤秀起, 林直樹, 黒木燎平, 安達由美子, 鈴木志津馬. ベータ分布をモデルとした高エネルギー電子線スペクトルの推定. 日本放射線技術学会雑誌 2013 ; 69(12) : 1387-1393.